

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ Юнаков Л. П.
(подпись) ФИО
«___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ

| | |
|--|---|
| Направление/специальность подготовки | 24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика |
| Специализация/профиль/программа подготовки | Композитные конструкции в ракетно-космической технике |
| Уровень высшего образования | Бакалавриат |
| Форма обучения | Очная |
| Факультет | А Ракетно-космической техники |
| Выпускающая кафедра | А2 ТЕХНОЛОГИИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПРОИЗВОДСТВА РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ |
| Кафедра-разработчик рабочей программы | А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА |

| КУРС | СЕМЕСТР | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ) | ЧАСЫ (по наличию видов занятий) | | | | | | | | | ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ |
|------|---------|---|---------------------------------|--------------------|--------|---------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | | | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ | АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ | | | | САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА | | | | |
| | | | | ВСЕГО | ЛЕКЦИИ | ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ | ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ | ВСЕГО | КУРСОВОЙ ПРОЕКТ | КУРСОВАЯ РАБОТА | ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ | |
| 4 | 8 | 3 | 108 | 65 | 39 | 0 | 26 | 43 | 0 | 0 | 43 | диф. зач. |

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА
Емельянов Владислав Николаевич, д.т.н., профессор, профессор

Программа рассмотрена
на заседании кафедры-разработчика
рабочей программы **А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Заведующий кафедрой Тетерина И.В., к.т.н., доц.

Программа рассмотрена
на заседании выпускающей кафедры

А2 ТЕХНОЛОГИИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПРОИЗВОДСТВА РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Заведующий кафедрой Андрюшкин А.Ю., к.т.н., доц.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-4.1 — способность разрабатывать, осваивать и внедрять технологические процессы и материалы для производства композитных конструкций, моделировать технологические процессы производства ракетно-космической техники

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ПСК-4.1

знания:

на уровне представлений: основы численных методов; основные законы физики, химии;
на уровне воспроизведения: методы моделирования процессов, в которых имеет место взаимодействие и взаимовлияние процессов различной физической природы;
на уровне понимания: принципы применения современных информационных технологий в науке и предметной деятельности;

умения:

теоретические: строить математические модели физических явлений, химических процессов, экологических систем; использовать математический аппарат и информационные технологии при изучении естественнонаучных дисциплин;
практические: проводить физический и химический эксперименты, анализировать результаты эксперимента с привлечением методов математической статистики и информационных технологий; использовать математический аппарат и информационные технологии при изучении естественнонаучных дисциплин;

навыки:

владения основными аналитическими и численными методами решения алгебраических и дифференциальных уравнений и их систем; основными методами теоретического и экспериментального исследования физических и химических явлений, методами поиска и обработки информации как вручную, так и с применением современных информационных технологий.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

| КУРС | СЕМЕСТР | Наименование разделов и дидактических единиц | ВСЕГО | Аудиторные занятия в контактной форме | | | Самостоятельная работа студентов | Формируемая компетенция, % |
|----------------------------|---------|--|-------|---------------------------------------|--------|----------------------|----------------------------------|----------------------------|
| | | | | ВСЕГО | Лекции | Практические занятия | | ПСК-4.1 |
| 4 | 8 | Раздел 1. Общая характеристика процессов сопровождающих работу конструкции. Современное состояние средств и методов математического и физического моделирования. Напряженно-деформированное состояние упругого тела. Тензор напряжений, тензор малых деформаций. Конечные деформации. Система уравнений теории упругости. Условия совместности. Общая постановка задач линейной теории упругости. Уравнения в напряжениях и в перемещениях. Матричная формулировка задач теории упругости. Плоская задача теории упругости. Плоское напряженное состояние и плоская деформация. Функция напряжений Эйри. Теория пластичности. | 13 | 8 | 6 | 2 | 5 | 5 |
| 4 | 8 | Раздел 2. Распространение волн в упругой сплошной среде. Волны сжатия и волны искажения. Отражение и преломление волн. Поверхностные волны. | 6 | 4 | 4 | 0 | 2 | 10 |
| 4 | 8 | Раздел 3. Термодинамика деформации. Связанная задача теории упругости. Теплопроводность в анизотропном теле. Тепловой удар. Задача о внезапном нагреве полупространства. Тепловые волны. Гиперболическое уравнение теплопроводности. | 7 | 5 | 2 | 3 | 2 | 10 |
| 4 | 8 | Раздел 4. Теория оболочек. Введение в теорию поверхностей. Криволинейные координаты на поверхности. Моментная и безмоментная теория оболочек. Динамические задачи теории оболочек. Оболочки в потоках. | 9 | 7 | 4 | 3 | 2 | 10 |
| 4 | 8 | Раздел 5. Теория разрушения. Математические модели хрупкого разрушения. Теория трещин. Эрозионное разрушение. Катастрофы. Математические и физические модели катастрофических явлений в динамике и прочности конструкций и материалов. | 8 | 6 | 2 | 4 | 2 | 10 |
| 4 | 8 | Раздел 6. Динамические задачи. Теория устойчивости. Модальный анализ конструкций. | 4 | 2 | 2 | 0 | 2 | 10 |
| 4 | 8 | Раздел 7. Ударное воздействие и импульсное нагружение. Взаимодействие ударных волн с веществом. Ударные волны в конденсированных средах. | 4 | 2 | 2 | 0 | 2 | 10 |
| 4 | 8 | Раздел 8. Вещество и конструкции при воздействии высоких концентраций энергии. Воздействие излучений высокой мощности. Модели теплового разрушения. Процессы высокоинтенсивного нагружения в современных технологиях. Обзор явлений, моделей и перспектив. | 7 | 5 | 5 | 0 | 2 | 10 |
| 4 | 8 | Раздел 9. Вариационная и проекционная постановка задач теории упругости. Основы метода конечного элемента для решения задач напряженно-деформированного состояния. Понятие о методе граничного элемента. | 15 | 10 | 4 | 6 | 5 | 10 |
| 4 | 8 | Раздел 10. Современные пакетные технологии. Современные пакеты и САЕ (Computer Aided Engineering) технологии решения задач НДС. САПР в задачах НДС. | 20 | 16 | 8 | 8 | 4 | 10 |
| 4 | 8 | Раздел 11. Написание реферата. Написание реферата на индивидуальную тему. Подготовка, выполнение и презентация реферата. | 15 | 0 | 0 | 0 | 15 | 5 |
| Всего за 8 семестр | | | 108 | 65 | 39 | 26 | 43 | 100 |
| Всего по дисциплине | | | 108 | 65 | 39 | 26 | 43 | 100 |

3.2. Аудиторный практикум

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины | Тема практического занятия | Объем, ауд. часов |
|---------------------------|---|--|-------------------|
| 1 | Раздел 1. Общая характеристика процессов сопровождающих работу конструкции. | Рассмотрение примеров и решение практических задач, направленных на изучение данного раздела. Практическая работа № 1. Определение главных направлений и характерных НДС в теле. | 2 |
| 2 | Раздел 3. Термодинамика деформации. | Рассмотрение примеров и решение практических задач, направленных на изучение данного раздела. | 3 |
| 3 | Раздел 4. Теория оболочек. | Рассмотрение примеров и решение практических задач, направленных на изучение данного раздела. | 3 |
| 4 | Раздел 5. Теория разрушения. | Рассмотрение примеров и решение практических задач, направленных на изучение данного раздела. | 4 |
| 5 | Раздел 9. Вариационная и проекционная постановка задач теории упругости. | Рассмотрение примеров и решение практических задач, направленных на изучение данного раздела. | 6 |
| 6 | Раздел 10. Современные пакетные технологии. | Рассмотрение примеров и решение практических задач, направленных на изучение данного раздела. Основы применения САЕ-пакетов для решения задач НДС. | 8 |
| Всего за 8 семестр | | | 26 |

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины | Содержание учебного задания | Объем, часов |
|-------|--|--|--------------|
| 1 | Раздел 1. Общая характеристика процессов сопровождающих работу конструкции. | Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. | 1 |
| 2 | | Практическая работа № 1. Определение главных направлений и характерных НДС в теле. | 4 |
| 3 | Раздел 2. Распространение волн в упругой сплошной среде. | Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. | 2 |
| 4 | Раздел 3. Термодинамика деформации. | Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. | 2 |
| 5 | Раздел 4. Теория оболочек. | Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. | 2 |
| 6 | Раздел 5. Теория разрушения. | Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. | 2 |
| 7 | Раздел 6. Динамические задачи. | Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. | 2 |
| 8 | Раздел 7. Ударное воздействие и импульсное нагружение. | Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. | 2 |
| 9 | Раздел 8. Вещество и конструкции при воздействии высоких концентраций энергии. | Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. | 2 |
| 10 | Раздел 9. Вариационная и проекционная постановка задач теории упругости. | Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. | 1 |
| 11 | | Практическая работа № 2. Ударное нагружение тел | 4 |
| 12 | Раздел 10. Современные пакетные технологии. | Практическая работа № 3. Расчет НДС тела в среде пакета САЕ-технологии. | 2 |

| | | | |
|---------------------------|--------------------------------|---|-----------|
| 13 | | Практическая работа № 4. Решение сопряженной задачи газовой динамики и прочности в элементах конструкции энергоустановки. | 2 |
| 14 | Раздел 11. Написание реферата. | Написание реферата на индивидуальную тему. | 15 |
| Всего за 8 семестр | | | 43 |

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| СЕМЕСТР | НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА | | | | | | | | | | | | |
|---------|-----------------|---|---|----|------------|----|----|------------|----|----|------------|----|----------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 8 | | | | КВ | Отч. по ПЗ | ДР | КВ | Отч. по ПЗ | КВ | ДР | Отч. по ПЗ | | Реф, диф. зач. |

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- КВ – контрольные вопросы;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- Реф – реферат;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- контрольные вопросы;
- отчет по практическому заданию;
- реферат.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций. СПб.: БХВ-Петербург, 2007, 194 экз.
2. В. Н. Емельянов. . Механика сплошной среды: теория напряжений и основные модели. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
3. В. Н. Емельянов, В. А. Анисимов, И. В. Тетерина. . Моделирование высокоинтенсивных процессов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013, эл. рес.
4. В. Н. Емельянов, С. О. Здоровенин, С. С. Краев. . ANSYS-практикум. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005, эл. рес.
5. С. В. Фалалеев. . Современные проблемы создания двигателей летательных аппаратов. СамараБГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, эл. рес.
6. Ю. В. Скворцов, С. В. Глушков, А. И. Хромов. . Моделирование композитных элементов конструкций и анализ их разрушения в САЕ-системах MSC.Patran-Nastran и ANSYS. СамараБГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012, эл. рес.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://e.lanbook.com/> — ЭБС Лань;
2. <https://urait.ru/> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов.;
3. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474 — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
3. <http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
2. Matlab 2015a SP1.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

1. Проектор;
2. Ansys Multiphysics 2019 Teaching Advanced;
3. Matlab 2015a SP1.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космической техники БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А9 ПЛАЗМОГАЗОДИНАМИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-4.1 способность разрабатывать, осваивать и внедрять технологические процессы и материалы для производства композитных конструкций, моделировать технологические процессы производства ракетно-космической техники.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с овладеть методами расчетного моделирования напряженно-деформированного состояния тел и сопряженных задач термо- и аэроупругости в объектах новой техники на основе современных информационных технологий.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- контрольные вопросы;
- отчет по практическому заданию;
- реферат.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**39 ч.**), практические занятия (**26 ч.**), самостоятельная работа студента (**43 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 65 ч. аудиторных занятий, и 43 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

| Наименование работы | Рекомендуемая литература | Трудоемкость, час. |
|---|--|--------------------|
| Раздел 1. Общая характеристика процессов сопровождающих работу конструкции. | | |
| Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. | В. Н. Емельянов. . Механика сплошной среды: теория напряжений и основные модели: Москва: Юрайт, 2020 (1 - 5) | 1 |
| Практическая работа № 1. Определение главных направлений и характерных НДС в теле. | С. В. Фалалеев. . Современные проблемы создания двигателей летательных аппаратов: СамараБГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (1) | 4 |
| Итого по разделу 1 | | 5 |
| Раздел 2. Распространение волн в упругой сплошной среде. | | |
| Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. | В. Н. Емельянов. . Механика сплошной среды: теория напряжений и основные модели: Москва: Юрайт, 2020 (6) | 2 |
| Итого по разделу 2 | | 2 |
| Раздел 3. Термодинамика деформации. | | |
| Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. | В. Н. Емельянов. . Механика сплошной среды: теория напряжений и основные модели: Москва: Юрайт, 2020 (5) | 2 |
| Итого по разделу 3 | | 2 |
| Раздел 4. Теория оболочек. | | |
| Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. | В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (6 - 11) | 2 |
| Итого по разделу 4 | | 2 |
| Раздел 5. Теория разрушения. | | |
| Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. | Ю. В. Скворцов, С. В. Глушков, А. И. Хромов. . Моделирование композитных элементов конструкций и анализ их разрушения в САЕ-системах MSC.Patran-Nastran и ANSYS: СамараБГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (1 - 3) | 2 |
| Итого по разделу 5 | | 2 |
| Раздел 6. Динамические задачи. | | |
| Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. | В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (13) | 2 |
| Итого по разделу 6 | | 2 |
| Раздел 7. Ударное воздействие и импульсное нагружение. | | |
| Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. | В. Н. Емельянов, В. А. Анисимов, И. В. Тетерина. . Моделирование высокоинтенсивных процессов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (9) | 2 |
| Итого по разделу 7 | | 2 |
| Раздел 8. Вещество и конструкции при воздействии высоких концентраций энергии. | | |
| Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. | В. Н. Емельянов, В. А. Анисимов, И. В. Тетерина. . Моделирование высокоинтенсивных процессов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2013 (10) | 2 |
| Итого по разделу 8 | | 2 |
| Раздел 9. Вариационная и проекционная постановка задач теории упругости. | | |
| Самостоятельная проработка дидактических единиц данного раздела. | Ю. В. Скворцов, С. В. Глушков, А. И. Хромов. . Моделирование композитных элементов конструкций и анализ их разрушения в САЕ-системах MSC.Patran-Nastran и ANSYS: СамараБГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2012 (14) | 1 |
| Практическая работа № 2. Ударное нагружение тел | | 4 |
| Итого по разделу 9 | | 5 |
| Раздел 10. Современные пакетные технологии. | | |
| Практическая работа № 3. Расчет НДС тела в среде пакета САЕ-технологии. | В. И. Погорелов. . Строительная механика тонкостенных конструкций: СПб.: БХВ-Петербург, 2007 (14) | 2 |
| Практическая работа № 4. Решение сопряженной задачи газовой динамики и прочности в элементах конструкции энергоустановки. | В. Н. Емельянов, С. О. Здоровенин, С. С. Краев. . ANSYS-практикум: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2005 (1 - 4) | 2 |
| Итого по разделу 10 | | 4 |
| Раздел 11. Написание реферата. | | |
| Написание реферата на индивидуальную | В. Н. Емельянов. . Механика сплошной среды: теория напряжений и | 15 |

| | | |
|-------|--|----|
| тему. | основные модели: Москва: Юрайт, 2020 (все главы) | |
| | Итого по разделу 11 | 15 |

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- отчет по практическому заданию;
- контрольные вопросы;
- реферат;
- дифференцированный зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Отчет по практическому заданию

Отчет по практическому заданию (ПЗ)

Отчет по ПЗ представляется в печатном виде в формате, предусмотренном шаблоном отчета по ПЗ. Отчет по ПЗ должен содержать:

- постановку задачи, математическую модель и основные расчетные соотношения используемых методов решения;
- схему расчетной области с характеристиками сетки, краевыми и начальными условиями, реализованными в решаемом варианте;
- графическое представление полученных результатов;
- содержание исследовательского задания, результаты вычислительного моделирования, анализ и выводы по проведенным исследованиям.

Защита ПЗ

Защита ПЗ проходит в форме доклада студента по выполненной работе и ответов на вопросы преподавателя. Процедура защиты включает ответы на вопросы преподавателя по работе и разделу курса. В ходе защиты ПЗ обучающиеся должны продемонстрировать знания, умения и навыки:

- культуру речи при изложении своих мыслей, логичность в постановке и изложении материала,
- понимание постановки задачи, знание основных элементов математической модели, формулировка начальных и граничных условий, обоснование основных упрощающих положений;
- умение определить место исследованного явления в конкретных технических процессах и устройствах;
- умение анализировать полученные результаты и умение прогнозировать характер процессов в технических устройствах на основании полученных данных;
- умение самостоятельно модифицировать математические модели и программные средства для целей конкретизации или расширения области приложения моделей, использованных в работе.

Оценка защиты работы выставляется по 100 балльной шкале с учётом:

- выполнение ПЗ – 40 баллов,
- оформление пояснительной записки – 20 баллов,
- защита результатов, ответы на вопросы и их логика, культура речи – 40 баллов.

ПЗ считается принятой при наборе более 80 баллов.

Перечень практических заданий приведен в УМК дисциплины.

Контрольные вопросы

Критерии оценивания ответов на контрольные вопросы.

Ответы на контрольные вопросы по определенным разделам дисциплины осуществляются в устной форме. Студенту задаются 3 вопроса в рамках изучаемого раздела, для успешной аттестации необходимо правильно ответить на 2 и выше вопросов. Ответ на вопрос должен быть правильным, содержательным, аргументированным.

Список контрольных вопросов:

1. Общая характеристика процессов, сопровождающих работу конструкции.
2. Современное состояние средств и методов математического и физического моделирования.
3. Напряженно-деформированное состояние упругого тела.
4. Тензор напряжений, тензор малых деформаций.
5. Конечные деформации.
6. Система уравнений теории упругости.
7. Условия совместности.
8. Общая постановка задач линейной теории упругости.
9. Уравнения в напряжениях и в перемещениях.
10. Матричная формулировка задач теории упругости.
11. Плоская задача теории упругости.
12. Плоское напряженное состояние и плоская деформация.
13. Функция напряжений Эйри.
14. Теория пластичности.
15. Распространение волн в упругой сплошной среде.
16. Волны сжатия и волны искажения.
17. Отражение и преломление волн.
18. Поверхностные волны.
19. Термодинамика деформации.
20. Связанная задача теории упругости.
21. Теплопроводность в анизотропном теле.
22. Тепловой удар.
23. Задача о внезапном нагреве полупространства.

24. Тепловые волны.
25. Гиперболическое уравнение теплопроводности.
26. Теория оболочек.
27. Введение в теорию поверхностей.
28. Криволинейные координаты на поверхности.
29. Моментная и безмоментная теория оболочек.
30. Динамические задачи теории оболочек.
31. Оболочки в потоках.
32. Теория разрушения.
33. Математические модели хрупкого разрушения.
34. Теория трещин. Эрозионное разрушение.
35. Катастрофы. Математические и физические модели катастрофических явлений в динамике и прочности конструкций и материалов.
36. Динамические задачи.
37. Теория устойчивости.
38. Модальный анализ конструкций.
39. Ударное воздействие и импульсное нагружение.
40. Взаимодействие ударных волн с веществом.
41. Ударные волны в конденсированных средах.
42. Проникание. Классификация явлений проникания.
43. Явления неограниченной кумуляции.
44. Кумулятивный эффект в процессах пробивания.
45. Вещество и конструкции при воздействии высоких концентраций энергии.
46. Воздействие излучений высокой мощности.
47. Модели теплового разрушения.
48. Процессы высокоинтенсивного нагружения в современных технологиях. Обзор явлений, моделей и перспектив.
49. Вариационная и проекционная постановка задач теории упругости.
50. Основы метода конечного элемента для решения задач напряженно-деформированного состояния.
51. Понятие о методе граничного элемента.
52. Современные пакеты и САЕ (Computer Aided Engineering) технологии решения задач НДС.
53. САПР в задачах НДС.

Реферат

Объем реферата – не менее 10...15 стр. Обязательно использование не менее 3-х отечественных и не менее 1-го иностранного источника, опубликованных в последние 15 лет. Пояснительная записка с текстом, рисунками и графиками выполняется в редакторе "Word". Процедура защиты реферата включает ответы на вопросы преподавателя, выступление с презентацией результатов и последующим групповым обсуждением темы. В ходе защиты реферата обучающиеся должны продемонстрировать культуру речи при изложении своих мыслей, логичность в постановке и изложении материала, необходимые начальные знания по существу обсуждаемой темы.

Критерии оценивания

Оценка реферата выставляется по 100 бальной шкале с учётом:

- оформление пояснительной записки – 30 баллов,
 - постановка доклада и доклад – 30 баллов,
 - защита результатов, ответы на вопросы и их логика, культура речи – 40 баллов.
- Распределение баллов по элементам:
- соответствие содержания заявленной теме, отсутствие в тексте отступлений от темы 7 баллов;
 - соответствие целям и задачам дисциплины 7 баллов;
 - постановка проблемы, корректное изложение смысла основных научных идей, их теоретическое обоснование и объяснение 8 баллов;
 - логичность и последовательность в изложении материала 8 баллов;
 - способность к работе с литературными источниками, интернет-ресурсами, справочной и энциклопедической литературой 8 баллов;
 - объем исследованной литературы и других источников информации 7 баллов;
 - владение иностранными языками, использование иностранных источников 7 баллов;
 - способность к анализу и обобщению информационного материала, степень полноты обзора состояния вопроса 7 баллов;
 - умение извлекать информацию, соответствующую поставленной цели, и перераспределять информацию 7 баллов;
 - навыки планирования и управления временем при выполнении работы 7 баллов;
 - обоснованность выводов 7 баллов;
 - наличие авторской аннотации к реферату 7 баллов;
 - правильность оформления (соответствие стандарту, структурная упорядоченность, ссылки, цитаты, таблицы и т.д.) 7 баллов;
 - соблюдение объема, шрифтов, интервалов (соответствие оформления правилам компьютерного набора текста) 6 баллов.
- Реферат считается принятым при наборе студентом более 85 баллов.

Примеры тем рефератов:

1. Современное состояние средств и методов математического и физического моделирования.
2. Напряженно-деформированное состояние упругого тела.
3. Плоское напряженное состояние и плоская деформация.
4. Термодинамика деформации.
5. Связанная задача теории упругости.
6. Тепловой удар и тепловые волны.
7. Динамические задачи теории оболочек.
8. Теория разрушения.
9. Математические модели хрупкого разрушения.
10. Теория трещин. Эрозионное разрушение.
11. Катастрофы. Математические и физические модели катастрофических явлений в динамике и прочности конструкций и материалов.
12. Взаимодействие ударных волн с веществом.
13. Ударные волны в конденсированных средах.
14. Кумулятивный эффект в процессах пробивания.
15. Модели теплового разрушения.
16. Процессы высокоинтенсивного нагружения в современных технологиях. Обзор явлений, моделей и перспектив.
17. Вариационная и проекционная постановка задач теории упругости.
18. Основы метода конечного элемента для решения задач напряженно-деформированного состояния.
19. Понятие о методе граничного элемента.

Дифференцированный зачет

Дифференцированный зачет, включает в себя два теоретических вопроса по выбору преподавателя из списка вопросов по разделам дисциплины. Перечень вопросов для дифференцированного зачета приведен в УМК дисциплины.

Знания, умения и навыки студентов определяются следующим образом:

Оценки «зачтено-отлично» заслуживает студент, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала.

Оценки «зачтено-хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

Оценки «зачтено-удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

| КУРС | СЕМЕСТР | Наименование разделов и дидактических единиц | ВСЕГО | Аудиторные занятия в контактной форме | | | Самостоятельная работа студентов | Формируемая компетенция, % | НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА |
|---------------------|---------|--|-------|---------------------------------------|--------|----------------------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------------|
| | | | | ВСЕГО | Лекции | Практические занятия | | | |
| 4 | 8 | Раздел 1. Общая характеристика процессов сопровождающих работу конструкции. | 13 | 8 | 6 | 2 | 5 | 5 | Отчет по практическому заданию |
| 4 | 8 | Раздел 2. Распространение волн в упругой сплошной среде. | 6 | 4 | 4 | 0 | 2 | 10 | Контрольные вопросы |
| 4 | 8 | Раздел 3. Термодинамика деформации. | 7 | 5 | 2 | 3 | 2 | 10 | Контрольные вопросы |
| 4 | 8 | Раздел 4. Теория оболочек. | 9 | 7 | 4 | 3 | 2 | 10 | Контрольные вопросы |
| 4 | 8 | Раздел 5. Теория разрушения. | 8 | 6 | 2 | 4 | 2 | 10 | Контрольные вопросы |
| 4 | 8 | Раздел 6. Динамические задачи. | 4 | 2 | 2 | 0 | 2 | 10 | Контрольные вопросы |
| 4 | 8 | Раздел 7. Ударное воздействие и импульсное нагружение. | 4 | 2 | 2 | 0 | 2 | 10 | Контрольные вопросы |
| 4 | 8 | Раздел 8. Вещество и конструкции при воздействии высоких концентраций энергии. | 7 | 5 | 5 | 0 | 2 | 10 | Контрольные вопросы |
| 4 | 8 | Раздел 9. Вариационная и проекционная постановка задач теории упругости. | 15 | 10 | 4 | 6 | 5 | 10 | Отчет по практическому заданию |
| 4 | 8 | Раздел 10. Современные пакетные технологии. | 20 | 16 | 8 | 8 | 4 | 10 | Отчет по практическому заданию |
| 4 | 8 | Раздел 11. Написание реферата. | 15 | 0 | 0 | 0 | 15 | 5 | Реферат |
| Всего за 8 семестр | | | 108 | 65 | 39 | 26 | 43 | 100 | |
| Всего по дисциплине | | | 108 | 65 | 39 | 26 | 43 | 100 | |

Критерии оценивания

ПСК-4.1

Вопросы открытого типа:

№ 1 В ортогональной системе координат x, y, z ось z , нормальная к плоскости координат (x, y) имеет два возможных направления. Нарисуйте схему, которая отвечает правой системе координат.

№ 2 Верно ли утверждение:

Рассматривается задача о распространении плоской термоупругой волны, возникающей в полупространстве при мгновенном нагреве его границы. Состояние тела описывается системой уравнений связанной динамической задачи термоупругости, которая имеет вид:

$$(\lambda + 2\mu) \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} + (3\lambda + 2\mu) \alpha_T \frac{\partial \theta}{\partial x};$$

$$\lambda_q \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} = \rho c_\epsilon \frac{\partial \theta}{\partial t} + (3\lambda + 2\mu) \alpha_T T_o \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial t}.$$

№ 3 Поле перемещений точек среды в окрестности некоторой выбранной точки определяется выражением:

$$\bar{u}(r) = \bar{u}(r_0) + \frac{1}{2} \left(\frac{d\bar{u}}{dr} + \left(\frac{d\bar{u}}{dr} \right)^T \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{d\bar{u}}{dr} - \left(\frac{d\bar{u}}{dr} \right)^T \right).$$

Какой член уравнения отвечает за плоскопараллельное смещение всех точек окрестности как единое целое?

№ 4 Поле перемещений точек среды в окрестности некоторой выбранной точки определяется выражением:

$$\bar{u}(r) = \bar{u}(r_0) + \frac{1}{2} \left(\frac{d\bar{u}}{dr} + \left(\frac{d\bar{u}}{dr} \right)^T \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{d\bar{u}}{dr} - \left(\frac{d\bar{u}}{dr} \right)^T \right).$$

Какой член уравнения отвечает за деформацию среды растяжение-сжатие и сдвиг?

№ 5 Поле перемещений точек среды в окрестности некоторой выбранной точки определяется выражением:

$$\bar{u}(r) = \bar{u}(r_0) + \frac{1}{2} \left(\frac{d\bar{u}}{dr} + \left(\frac{d\bar{u}}{dr} \right)^T \right) + \frac{1}{2} \left(\frac{d\bar{u}}{dr} - \left(\frac{d\bar{u}}{dr} \right)^T \right).$$

Какой член уравнения отвечает за вращение как твердое тело?

№ 6 Произвольный тензорный объект может быть представлен в виде суммы девиаторной и шаровой составляющих. Верно ли утверждение, что тензор, у которого первый инвариант равен нулю, называется девиатором?

№ 7 Вынужденные колебания под действием срывных течений, которые (течения) генерируются другим телом или другим элементом летательного аппарата называются

№ 8 Верно ли утверждение:

Скорость распространения в упругой среде волны расширения определяется выражением:

$$v_e = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{E(1 - \nu)}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)\rho}}$$

№ 9 Верно ли утверждение, что компоненты единичного тензора могут быть представлены с помощью оператора Кронекера в виде

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 0, & i \neq j \\ 1, & i = j \end{cases}$$

№ 10 Представлены главные инварианты тензора с их представлением через главные значения.

$$\begin{aligned} I_1 &= \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 \\ I_2 &= \lambda_1 \lambda_2 + \lambda_1 \lambda_3 + \lambda_2 \lambda_3 \\ I_3 &= \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \end{aligned}$$

Сохраняется ли инвариантность при переходе в новую систему координат?

Вопросы закрытого типа:

№ 1 Уравнения равновесия для плоского напряженного состояния тела для стационарного, плоского случая имеет вид

$$\begin{aligned} - & \frac{\partial \bar{\sigma}_x}{\partial x} + \frac{\partial \bar{\sigma}_y}{\partial y} + \frac{\partial \bar{\sigma}_z}{\partial z} = \rho \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial t^2} \\ - & \frac{\partial \bar{\sigma}_x}{\partial x} + \frac{\partial \bar{\sigma}_y}{\partial y} = \rho \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} \\ - & \frac{\partial \bar{\sigma}_x}{\partial x} + \frac{\partial \bar{\sigma}_y}{\partial y} = 0 \\ - & \frac{\partial \bar{\sigma}_x}{\partial x} + \frac{\partial \bar{\sigma}_y}{\partial y} = \rho \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial t^2} \end{aligned}$$

№ 2 При решении задачи определения главных значений и главных осей тензора рассматривается система линейных однородных уравнений.

Охарактеризуйте свойства такой системы

- Кроме нулевого (тривиального) решения система может иметь ненулевые решения, если ее определитель равен нулю
- Система имеет только нулевое решение
- Система всегда имеет ненулевые решения, которые определяются методом Гаусса
- Кроме нулевого (тривиального) решения система может иметь ненулевые решения, если ее определитель не равен нулю

№ 3 Дивергенция тензора P определяется как

$$\begin{aligned} - & \frac{\partial \mathbf{p}_x}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{p}_y}{\partial y} + \frac{\partial \mathbf{p}_z}{\partial z} \\ - & \frac{\partial^2 \mathbf{p}_x}{\partial x^2} + \frac{\partial \mathbf{p}_x}{\partial x} \frac{\partial \mathbf{p}_y}{\partial y} + \frac{\partial^2 \mathbf{p}_y}{\partial y^2} \\ - & \frac{\partial^2 \mathbf{p}_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \mathbf{p}_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \mathbf{p}_z}{\partial z^2} \\ - & \frac{\partial \mathbf{p}_x}{\partial x} + \frac{\partial \mathbf{p}_y}{\partial y} + \frac{\partial \mathbf{p}_z}{\partial z} \end{aligned}$$

№ 4

Рассмотрим тензор $P = (\mathbf{p}_x, \mathbf{p}_y, \mathbf{p}_z)$, определяемый тремя векторами. В индексной записи компоненты тензорного расхождения запишутся в виде

$$\begin{aligned} - & (\text{div} \Pi)_1 = \frac{\partial p_{11}}{\partial x_1} - \frac{\partial p_{12}}{\partial x_2} - \frac{\partial p_{13}}{\partial x_3} \\ - & (\text{div} \Pi)_1 = \frac{\partial p_{11}}{\partial x_1} + \frac{\partial p_{22}}{\partial x_2} + \frac{\partial p_{33}}{\partial x_3} \\ - & (\text{div} \Pi)_1 = \frac{\partial^2 p_{11}}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 p_{12}}{\partial x_2^2} + \frac{\partial^2 p_{13}}{\partial x_3^2} \\ - & (\text{div} \Pi)_1 = \frac{\partial p_{11}}{\partial x_1} + \frac{\partial p_{12}}{\partial x_2} + \frac{\partial p_{13}}{\partial x_3} \end{aligned}$$

№ 5 Для дифференцируемого векторного поля можно в каждой точке его определения создать объект.

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial a_1}{\partial x_1} & \frac{\partial a_1}{\partial x_2} & \frac{\partial a_1}{\partial x_3} \\ \frac{\partial a_2}{\partial x_1} & \frac{\partial a_2}{\partial x_2} & \frac{\partial a_2}{\partial x_3} \\ \frac{\partial a_3}{\partial x_1} & \frac{\partial a_3}{\partial x_2} & \frac{\partial a_3}{\partial x_3} \end{pmatrix}$$

Для приведенного объекта указать его определение

- Тензор производной от вектора по радиус-вектору
- Вектор производных от проекций вектора по координатам
- Матрица дивергенций проекций вектора
- Девиатор тензора производных

№ 6 Аффинный ортогональный тензор представляется тремя векторами, которые образуют столбцы квадратной матрицы тензора.

P – матрица тензора, W – матрица направляющих косинусов, строки которой составляют косинусы углов между новой осью и старыми осями. «Т» – символ транспонирования матрицы.

Выбрать соотношение, определяющее представление матрицы тензора в новой системе координат

- $W^T \cdot P \cdot W$
- $W^T \cdot P \cdot W^T$
- $W \cdot P \cdot W^T$
- $W \cdot P \cdot W$

№ 7 Из представленных вариантов условий для напряжений и деформаций выбрать тот, который отвечает одноосному напряженному состоянию

$$\begin{aligned} & \sigma_1 = E\varepsilon_1, \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = -\nu\varepsilon_1 \\ & \sigma_2 = \sigma_3 = \frac{\nu}{1-\nu}\sigma_1, \quad \varepsilon_1 = \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{E(1-\nu)}\sigma_1 \\ & \varepsilon_{11} = \frac{\partial u_1}{\partial x_1}, \quad \varepsilon_{22} = \frac{\partial u_2}{\partial x_2}, \quad \varepsilon_{12} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_1}{\partial x_2} + \frac{\partial u_2}{\partial x_1} \right), \\ & \varepsilon_{13} = \varepsilon_{23} = \varepsilon_{33} = 0. \\ & \varepsilon_{11} = \frac{1}{E}(\sigma_{11} - \nu\sigma_{22}), \quad \varepsilon_{22} = \frac{1}{E}(\sigma_{22} - \nu\sigma_{11}), \\ & \varepsilon_{33} = -\frac{\nu}{E}(\sigma_{11} + \sigma_{22}), \quad \varepsilon_{12} = \frac{1+\nu}{E}\sigma_{12}. \end{aligned}$$

№ 8 Из представленных вариантов условий для напряжений и деформаций выбрать тот, который отвечает одноосному деформированному состоянию

$$\begin{aligned} & \sigma_1 = E\varepsilon_1, \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = -\nu\varepsilon_1 \\ & \sigma_2 = \sigma_3 = \frac{\nu}{1-\nu}\sigma_1, \quad \varepsilon_1 = \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{E(1-\nu)}\sigma_1 \\ & \varepsilon_{11} = \frac{\partial u_1}{\partial x_1}, \quad \varepsilon_{22} = \frac{\partial u_2}{\partial x_2}, \quad \varepsilon_{12} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_1}{\partial x_2} + \frac{\partial u_2}{\partial x_1} \right), \\ & \varepsilon_{13} = \varepsilon_{23} = \varepsilon_{33} = 0. \\ & \varepsilon_{11} = \frac{1}{E}(\sigma_{11} - \nu\sigma_{22}), \quad \varepsilon_{22} = \frac{1}{E}(\sigma_{22} - \nu\sigma_{11}), \\ & \varepsilon_{33} = -\frac{\nu}{E}(\sigma_{11} + \sigma_{22}), \quad \varepsilon_{12} = \frac{1+\nu}{E}\sigma_{12}. \end{aligned}$$

№ 9 Из представленных вариантов условий для напряжений и деформаций выбрать тот, который отвечает плоскому напряженному состоянию

$$\begin{aligned}
& \sigma_1 = E\varepsilon_1, \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = -\nu\varepsilon_1 \\
& \sigma_2 = \sigma_3 = \frac{\nu}{1-\nu}\sigma_1, \quad \varepsilon_1 = \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{E(1-\nu)}\sigma_1 \\
& \varepsilon_{11} = \frac{\partial u_1}{\partial x_1}, \quad \varepsilon_{22} = \frac{\partial u_2}{\partial x_2}, \quad \varepsilon_{12} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_1}{\partial x_2} + \frac{\partial u_2}{\partial x_1} \right), \\
& \varepsilon_{13} = \varepsilon_{23} = \varepsilon_{33} = 0. \\
& \varepsilon_{11} = \frac{1}{E}(\sigma_{11} - \nu\sigma_{22}), \quad \varepsilon_{22} = \frac{1}{E}(\sigma_{22} - \nu\sigma_{11}), \\
& \varepsilon_{33} = -\frac{\nu}{E}(\sigma_{11} + \sigma_{22}), \quad \varepsilon_{12} = \frac{1+\nu}{E}\sigma_{12}.
\end{aligned}$$

№ 10 Из представленных вариантов условий для напряжений и деформаций выбрать тот, который отвечает плоскому деформированному состоянию

$$\begin{aligned}
& \sigma_1 = E\varepsilon_1, \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = -\nu\varepsilon_1 \\
& \sigma_2 = \sigma_3 = \frac{\nu}{1-\nu}\sigma_1, \quad \varepsilon_1 = \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{E(1-\nu)}\sigma_1 \\
& \varepsilon_{11} = \frac{\partial u_1}{\partial x_1}, \quad \varepsilon_{22} = \frac{\partial u_2}{\partial x_2}, \quad \varepsilon_{12} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_1}{\partial x_2} + \frac{\partial u_2}{\partial x_1} \right), \\
& \varepsilon_{13} = \varepsilon_{23} = \varepsilon_{33} = 0. \\
& \varepsilon_{11} = \frac{1}{E}(\sigma_{11} - \nu\sigma_{22}), \quad \varepsilon_{22} = \frac{1}{E}(\sigma_{22} - \nu\sigma_{11}), \\
& \varepsilon_{33} = -\frac{\nu}{E}(\sigma_{11} + \sigma_{22}), \quad \varepsilon_{12} = \frac{1+\nu}{E}\sigma_{12}.
\end{aligned}$$